PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **08-339296**
(43)Date of publication of application : **24.12.1996**

(51)Int.Cl. G06F 9/06
G06F 9/45

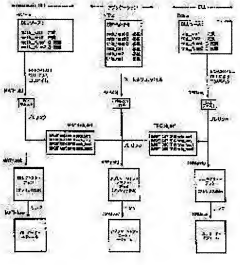
(21)Application number : **08-016858**
(22)Date of filing : **01.02.1996**

(71)Applicant : **INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>**
(72)Inventor : **DUNCAN ROBERT P**
FULTON MIKE S
MINCHAU BRIAN J

(30)Priority
Priority number : **95 2143488** Priority date : **27.02.1995** Priority country : **CA**

(54) METHOD FOR LINKING DYNAMIC LINK LIBRARY TO PROGRAM

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To link symbols within a dynamic link library without necessitating the support of a system linker or a loader.
SOLUTION: This method is provided with a step for generating a definition file including newest information concerning the set of usable external symbols within a library by a prelinker corresponding to each dynamic link library (DLL), and a step for compiling an application program code to a compile code including a code calling a trigger routine. In addition the method is provided with a step a prelinking step for prelinking the application program code to a definition file to generate an object deck including an export definition section, a step for linking the application program code by means of the system linker and an execution and solution step for executing the code, solving the reference of an unsolved symbol within the code by a trigger routine, and providing a symbol to an application program without necessitating the support of the system linker or loader.



LEGAL STATUS
[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)**公開特許公報**（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平8－339296

(43)公開日　平成８年(1996)12月24日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ		技術表示箇所
Ｇ０６Ｆ　9/06	４１０		Ｇ０６Ｆ　9/06	４１０Ｅ	
9/45		9189－5Ｂ	9/44	３２２Ａ	

審査請求　未請求　請求項の数5　ＯＬ　（全 15 頁）

(21)出願番号　特願平8－16858

(22)出願日　平成８年(1996)２月１日

(31)優先権主張番号　２１４３４８８
(32)優先日　1995年２月27日
(33)優先権主張国　カナダ（ＣＡ）

(71)出願人　390009531
インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション
ＩＮＴＥＲＮＡＴＩＯＮＡＬ　ＢＵＳＩＮＥＳＳ　ＭＡＳＣＨＩＮＥＳ　ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州　アーモンク　（番地なし）
(72)発明者　ロバート・ポール・ダンカン
カナダ、オンタリオ州スカボロ、ジェネラ・スクエア　127
(74)代理人　弁理士　合田　潔　（外２名）

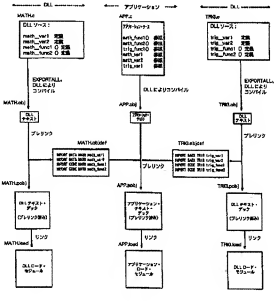
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　動的リンク・ライブラリをプログラムにリンクする方法

(57)【要約】

【課題】　システム・リンカまたはローダのサポートを必要とせずに、動的リンク・ライブラリ内の記号をリンクする。

【解決手段】　本方法は、各動的リンク・ライブラリに対応して、プレリンカによりライブラリ内で使用可能な外部記号のセットに関する最新の情報を含む定義ファイルを生成するステップと、コンパイラによりアプリケーション・プログラム・コードを、トリガ・ルーチンを呼出すコードを含むコンパイル・コードにコンパイルするステップと、アプリケーション・プログラム・コードを定義ファイルにプレリンクし、エクスポート定義セクションを含むオブジェクト・デックを生成するプレリンク・ステップと、システム・リンカによりアプリケーション・プログラム・コードをリンクするステップと、前記コードを実行し、トリガ・ルーチンにより前記コード内の未解決記号の参照を解決し、システム・リンカまたはローダの支援を必要とせずに、アプリケーション・プログラムに前記記号を提供する、前記実行及び解決ステップとを含む。



【特許請求の範囲】
【請求項１】動的にリンクされるライブラリをデータ処理オペレーティング・システム上で実行されるプログラムにリンクする改良された方法であって、前記データ処理オペレーティング・システムがコンパイラ、プレリンカ、実行時ライブラリ、システム・リンカ及びシステム・ローダを有するものにおいて、
各動的リンク・ライブラリに対応して、前記プレリンカにより、前記ライブラリ内で使用可能な外部記号のセットに関する情報を含む定義ファイルを生成するステップであって、前記プレリンカが前記定義ファイルを前記動的リンク・ライブラリ内の任意の変更を反映して最新に維持する、前記生成ステップと、
前記コンパイラによりアプリケーション・プログラム・コードをコンパイルするステップであって、前記コンパイル・コードがトリガ・ルーチンを呼び出すコードを含む、前記コンパイル・ステップと、
前記アプリケーション・プログラム・コードを前記定義ファイルにプレリンクするステップであって、エクスポート定義セクションを含み、前記システム・リンカによりリンクされるオブジェクト・デックを生成する、前記プレリンク・ステップと、
前記システム・リンカにより、前記アプリケーション・プログラム・コードをリンクするステップと、
前記コードを実行し、前記トリガ・ルーチンにより前記コード内の未解決記号の参照を解決するステップであって、前記トリガ・ルーチンが前記プレリンカにより生成された前記エクスポート定義セクションをアクセスすることにより、前記実行時ライブラリが前記未解決記号を含む前記動的リンク・ライブラリをアクセスし、前記動的リンク・ライブラリをロードし、前記記号参照を解決することを可能にし、前記システム・リンカまたはローダの支援を必要とせずに、前記アプリケーション・プログラムに前記記号を提供する、前記実行及び解決ステップと、
を含む、方法。
【請求項２】前記外部記号が外部変数及び外部関数を含む、請求項１記載の方法。
【請求項３】前記トリガ・ルーチンが変数の参照に関するトリガ・ロードまたは関数の呼び出しに関するトリガ・ロードである、請求項１記載の方法。
【請求項４】前記定義ファイルが各特定の記号がコードかデータかを指定し、前記記号を定義する前記動的リンク・ライブラリを指定する、請求項１、２または３記載の方法。
【請求項５】前記エクスポート定義セクションが前記定義ファイルからの情報を含む、請求項１、２または３記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は一般に動的リンク・ライブラリに関し、特に、システム・リンカまたはローダのサポートを必要としない動的リンク・ライブラリに関する。
【０００２】
【従来の技術】コンピュータ・プログラムを作成するとき、プログラマは高級言語によりソース・コード・ファイルを作成する。しばしば使用されるこれらの高級言語に、“Ｃ”及び“Ｃ＋＋”がある。これらの言語ではプログラマは通常、特定のアプリケーションまたは関数を実行するためのコードを作成する。このソース・コード・ファイルは次にコンパイラに提供され、コンパイラはソース・コードを入力として受け取り、２進オブジェクト・デックを生成する。これらの２進オブジェクト・デックの多くはマシン実行可能プログラムを完成するように結合される。この完全な実行可能プログラムまたはロード・モジュールを構成するために、リンカが別々のオブジェクト・デックを単一の関数プログラムに結合する。各オブジェクト・デックは名前により記号を定義及び参照する。リンカはまた、異なるオブジェクト・デック内に存在しうる定義及びそうした定義の参照を解決する。
【０００３】コンパイラは、変更可能データ領域内の記号を参照するオブジェクト・デック、並びにシステム・リンカ／ローダによりサポートされない形式を生成する。これらの記号参照は後に定義とリンクされたり、部分的にリンクされたままでいる。部分的にのみリンクされる場合、そのリンクは実行時に解決される。
【０００４】現コンパイラでは、オブジェクト・デックがリンカにより リンクされるとき、記号定義を解決することが必要である。例えばＩＢＭから提供されるＳ／３７０データ処理システム（ＤＰＳ）で使用されるコンパイラを参照されたい。このシステムでは、オブジェクト・デックのコピーが、それらを使用する各アプリケーションに静的にリンクされなければならない。
【０００５】各オブジェクト・デックを、それらを使用する各アプリケーションに静的にリンクするために、多くの問題が生じる。例えば多くのオブジェクト・デックのコピーを有することが必要となり、オブジェクト・コード・ファイルのサイズが非常に大きくなる。リンク時に定義の１つを必要とする様々なプログラムの各々が、使用可能なオブジェクト・デックのコピーを有さなければならず、それを可能にする唯一の方法はオブジェクト・デックのコピーを作成することによる（その際、オブジェクト・デックがアプリケーションに静的にリンクされねばならない）。明らかに、各アプリケーションがそれぞれコピーを保有する必要無しに、各アプリケーションが使用可能な各オブジェクト・デックの単一のコピーを有することが望ましい。
【０００６】複数のコピーを突き止め、修正しなければならない場合には、デック内のコードを保守することが

非常に困難になる。単一のコード片を修正するためには、そのコードを使用する全てのプログラムを静的に再リンクする必要がある。コンパイル単位が１箇所にのみ保持されていると、修正は比較的容易になる。

【０００７】動的リンク・ライブラリ（ＤＬＬ）は、ロード・モジュールとして集められる１つ以上の関数または変数の集合である。このように集められたロード・モジュールは、別々のアプリケーション・ロード・モジュールまたは別のＤＬＬからアクセスされうる実行可能コードを含む。アプリケーションからＤＬＬ内の関数または変数への接続（リンク）は、アプリケーション生成時に静的に行われるのではなく、アプリケーションの実行の間に動的に行われる。

【０００８】動的リンク・ライブラリ（ＤＬＬ）は、参照記号のリンクをアプリケーション実行時まで遅延させるために使用される。本明細書では、用語"記号（symbol）"は、ＤＬＬ内に保持される関数及び変数のいずれかまたは両者を定義するために使用される。これは全てのアプリケーションが同一のＤＬＬを使用することを可能にする。このことは、参照記号の定義を含む各オブジェクト・デックの複数のコピーを記憶及び保持する問題を解決する。ＤＬＬの使用はまた、別のロード・モジュール内の定義をアクセスするために、あるロード・モジュール内での関数呼び出しまたは変数参照を可能にする。

【０００９】大部分のＤＬＬにおけるこうした実現は、実行時におけるロード・モジュール内の記号のアドレス変更を要求する。これはプログラムを再入不可能にし、全てのユーザがＤＬＬの同一のコード領域を共有できなくなる。本発明は、ＤＬＬの変更がロード・モジュール内の変更を要求しないことを保証する方法を提供する。このことはプログラムを再入可能にする。

【００１０】本発明はプレリンカ（prelinker）を用いてコンパイラにより生成されるオブジェクト・デックを入力として受け取り、プレリンク・オブジェクト・デックを出力として生成する。プレリンク・オブジェクト・デックはそのコード領域に変更可能データ領域に関する情報を含む。コード領域は、システム・リンカ／ローダが受諾可能な標準形式である。コード領域は、コード領域内のアドレス情報が変更されないように書き込み保護されてもよい。プレリンカはデータ領域に関する情報をコード領域内に集め、それにより実行時ライブラリが必要に応じてデータを突き止めることができるようになる。プレリンカにより集められた情報は、参照記号が動的にリンクされるときに、実行時ライブラリが変更可能データ領域の必要サイズ、その初期化方法、及びデータ領域内のアドレスの取り決めを決定できるようにする。

【００１１】本発明によれば、システム・リンカ／ローダは、動的にリンクされないコード領域内の記号のアドレスを取り決めるだけでよい。ローダがアプリケーションのコード領域をロードすると、実行時にアドレスが変更されないようにコード領域が書き込み保護されてもよい。

【００１２】実行時ライブラリ（ＲＴＬ）は、実行時に動的にリンクされる記号のアドレスを、アプリケーションの変更可能データ領域内で取り決める。

【００１３】本発明は、ユーザ・ソース・コード内の変更を必要とせずに、記号が動的にリンクされることを可能にする。もちろんアプリケーション作成者が明示的なＲＴＬサービスを使用するように選択し、参照記号のアドレスを獲得してもよい。

【００１４】本発明は以下の出願に関連する。L. Hallによる米国特許出願番号第５１７５８２８号は、プログラムのデータ及び状態を保存するがプログラム関数（コード領域）内の命令を変更する、動的リンカについて述べている。James G. Littletonによる同第５２４７６７８号は、コード領域内でのアドレス取り決めを行う動的リンカについて述べている。結果的にアプリケーションが再入不可能となる。Daniel L. Murphyによる同第５２９７２９１号は、記号ベクトルを構成するためにプログラマにより提供される、固定順序のエクスポート記号の順序付けリストについて述べており、リンカ及びオペレーティング・システムがこのベクトルを使用する。Kenneith Lundinによる同第５３３９４３０号は、アプリケーションにより使用される間に、ソフトウェア・モジュール（ライブラリ）の新たなバージョンを導入するために要求される動的リンクについて述べている。

【００１５】

【発明が解決しようとする課題】本発明の主な目的は、コンパイラ、プレリンカ及び実行時ライブラリの使用により、アプリケーション実行時に別のプログラムを動的にロードするためにプログラムを部分的にリンクし、システム・リンカまたはローダのサポートを要求せずに、部分的にリンクされたプログラム内のアドレスを解決する方法を提供することである。これはアプリケーション・プログラムのソース・コードの変更無しに達成されうる。

【００１６】本発明の別の目的は、関数に関する情報が実行可能コードのアドレスだけでなく、関数のコンテキストまたは環境に関する情報も含む間接方法（関数記述子）を提供することである。コンテキスト情報または環境情報が、関数コード領域に対応するデータ領域を指し示し、実行時に関数を解決するためにロードされる必要のあるロード・モジュールを識別する。

【００１７】本発明の更に別の目的は、変数に関する情報がそのコンテキストまたは環境に関する情報を含む間接方法（変数記述子）を提供することである。コンテキスト情報または環境情報が、実行時に変数を解決するためにロードされる必要のあるロード・モジュールを示す。

【００１８】本発明の更に別の目的は、実行時ライブラ

リにより割当てられるデータ領域内でのアドレス解決を可能にする。プログラムのコード領域はアドレス解決のためには使用されず、コード領域は１度コンピュータ・メモリ内にロードされると、複数呼び出しにより同時並行に共有されうる。このことはプログラムを再入可能にする。

【００１９】本発明の別の特長は、ＤＬＬからインポートされる関数を参照するプログラムが、そのＤＬＬをロードする必要がないことである。関数ポインタ（関数記述子のアドレス）が、最初の呼び出しを行い、ＤＬＬロードをトリガする別のプログラムに渡されうる。

【００２０】本発明の更に別の目的は、実行の目的のために、関数のアドレスの代わりに関数記述子のアドレスの使用を可能にすることである。

【００２１】本発明は更に、ＤＬＬが他のＤＬＬから記号をインポートする能力を提供する。本発明は更に、（関数記述子ベースの）ＤＬＬイネーブル化オブジェクト・コードが、（関数アドレス・ベースの）非ＤＬＬオブジェクト・コードと最小の制限により一緒に使用されうるようにする。関数ポインタの比較のためにではなく、関数の実行目的のために関数記述子が非ＤＬＬコードに渡される。非ＤＬＬコード内の関数アドレスは、実行のためにも関数ポインタ比較のためにもＤＬＬコードへは渡されない。

【００２２】本発明は更に、コンパイル時に使用される記号タイプを知ること無しに、インポート記号または非インポート記号によるＤＬＬオブジェクト・コード内の記号参照の解決を可能にする。

【００２３】本発明では更に、ＤＬＬサービスのための明示的ＲＴＬ関数呼び出しを有するコードが、暗黙的ＤＬＬオブジェクト・コードを有するコードと混合されうる。

【００２４】

【課題を解決するための手段】本発明は、動的にリンクされるライブラリをデータ処理システム上で実行されるプログラムにリンクする改良された方法を提供し、データ処理システムがコンパイラ、プレリンカ、実行時ライブラリ、システム・リンカ及びシステム・ローダを有する。本方法は次のステップを含む。各動的リンク・ライブラリに対応して、プレリンカにより、ライブラリ内で使用可能な外部記号のセットに関する情報を含む定義ファイルを生成するステップであって、前記プレリンカが前記定義ファイルを前記動的リンク・ライブラリ内の任意の変更を反映して最新に維持する前記生成ステップと、前記コンパイラにより、アプリケーション・プログラム・コードをコンパイルするステップであって、前記コンパイル・コードがトリガ・ルーチンを呼び出すコードを含む前記コンパイル・ステップと、前記アプリケーション・プログラム・コードを前記定義ファイルにプレリンクするステップであって、エクスポート定義セクションを含み、前記システム・リンカによりリンクされるオブジェクト・デックを生成する前記プレリンク・ステップと、前記システム・リンカにより前記アプリケーション・プログラム・コードをリンクするステップと、前記コードを実行し、前記トリガ・ルーチンにより前記コード内の未解決記号の参照を解決するステップであって、前記トリガ・ルーチンが前記プレリンカにより生成された前記エクスポート定義セクションをアクセスすることにより、前記実行時ライブラリが前記未解決記号を含む前記動的リンク・ライブラリをアクセスし、前記動的リンク・ライブラリをロードし、前記記号参照を解決することを可能にし、前記システム・リンカまたはローダの支援を必要とせずに前記アプリケーション・プログラムに前記記号を提供する、前記実行及び解決ステップと、を含む。

【００２５】

【発明の実施の形態】コンパイラが、変更可能データ領域内の記号（通常はデータ項目）及びコード領域内の記号（通常は実行可能コード）を参照するオブジェクト・コードを参照する。

【００２６】Ｓ／３７０　ＤＰＳ上のオブジェクト・モジュールは、名前を項目のＩＤ番号に関連付ける名前レコード、項目の一部の初期化情報に一定値を提供する初期化レコード、並びにある項目のアドレスを別の項目内の特定のロケーションへ配置することを要求する取り決め（fix up）レコードを含む。

【００２７】Ｓ／３７０　ＤＰＳ上の各名前レコードは更に、名前をタイプに関連付ける。幾つかのタイプの例として、コード領域内の項目の定義、コード領域内の項目の参照、変更可能データ領域内の項目の定義、または変更可能データ領域内の項目の参照がある。

【００２８】更にＳ／３７０　ＤＰＳでは、コード領域内で定義される項目の初期化情報がオブジェクト・コード命令を含みうる。

【００２９】Ｓ／３７０　ＤＰＳ内のシステム・リンカ／ローダは、変更可能データ領域内の項目の初期化をサポートしない。非ＤＬＬオブジェクト・コード（旧タイプ）だけが、リンク時に解決されねばならない命名記号を参照できる。

【００３０】関数または外部変数は、それらの定義が参照プログラム内に存在しない場合、〝インポート〟される。関数または外部変数は、特定ロード・モジュール内でのそれらの定義が別のロード・モジュール内で参照される場合、〝エクスポート〟される。

【００３１】記号を別のロード・モジュールから動的にリンクするために、アプリケーション・ソース・ファイルが〝ＤＬＬ〟オプションと一緒にコンパイルされねばならない。このオプションはコンパイラに、関数を呼び出すための、及びアプリケーション・モジュールに動的にリンクされるＤＬＬモジュール内に配置される外部変数

を参照するための、ＤＬＬオブジェクト・コードを生成するように命令する。

【００３２】次のコード・フラグメントは、ＩＢＭから提供されるＭＶＳオペレーティング・システムにおいて、アプリケーションがＤＬＬを使用する方法を示す。アプリケーションは、あたかも関数が静的に結合されるように作成される。

【００３３】例えば、

```
math_funcl(.....); /*関数プロトタイプ一他と差異無し*/
extern int math_varl;/*宣言一差異無し*/ main(){
        :
        math_funcl();  /*インポート関数参照*/
        :
        math_varl=7;    /*インポート変数参照*/
        :
}
```

【００３４】Ｓ／３７０　ＤＬＬオブジェクト・デックでは、関数を参照するためにＤＬＬオブジェクト・コード・シーケンスが常にコンパイラにより生成される。このコードにより、インポート関数が非インポート関数と同様に参照される。

【００３５】コンパイラは、関数がアプリケーション内の別のコンパイル単位内で定義されているか、或いはＤＬＬから真にインポートされるのかを知らず、両方に対して同一コードを生成する。呼ばれる関数は、関数記述子内に示される関数である。任意のインポート関数に対して、最初に関数記述子が、ＲＴＬトリガ関数が呼ばれるべきことを示す。

【００３６】プログラム・モジュールを動的にリンクするための３つの方法が存在する。任意のユーザ・コードが実行される以前に接続が形成される場合、これは暗黙的ロード時（load-time）ＤＬＬと呼ばれる。接続がユーザ・コード実行中に形成されるがソース・コード内に見い出されないＲＴＬサービスを通じてトリガされる場合、これは暗黙的ロード・オン・ユース（load-on-use）ＤＬＬと呼ばれる。接続がユーザ・コード実行の間に、ソース・コード内に見い出される明示的ＲＴＬサービスを通じて形成される場合、これは明示的実行時（runtime）ＤＬＬと呼ばれる。

【００３７】暗黙的ロード・オン・ユースでは、ＲＴＬトリガ関数がＤＬＬコード領域及びデータ領域をロードする。ＲＴＬは、システム・ローダによりコード領域をロードすることによりこれを実行し、ＲＴＬ自身は、ロードされたコード領域内で見い出される情報にもとづき対応するデータ領域を割当て、初期化する。１度ロードされると、ＲＴＬは呼び出し側のデータ領域内の記述子を見い出し、記述子内のトリガ関数のアドレスを所望の関数のアドレスにより置換する。従って、ＤＬＬのこのトリガは１度だけしか発生しない。この後、あたかもアプリケーションがその最初に所望された呼び出しを行うかのように、ＲＴＬがＤＬＬ関数を呼び出す。

【００３８】Ｓ／３７０　ＤＰＳにおいて、関数記述子を通じて関数を呼び出すために生成されるオブジェクト・コードは、次のようである。

```
L     Rx,QCON(Rc)       /*関数記述子のオフセットを獲得*/
A     Rx,DATAADDR(r13) /*関数記述子のアドレスを獲得するために、現ロード*/
                        /*・モジュールのデータ領域の基底アドレスを加算*/
LM    r15,r0,8(Rx)      /*関数のアドレス及びそのロード・モジュールの対応*/
                        /*するデータ領域アドレスを、関数記述子内のオフセ*/
                        /*ット８及び１２のワードからロード*/
BALR  r14,r15           /*関数を呼び出す（おそらくＲＴＬトリガ関数）*/
```

【００３９】データ領域において、対応する関数記述子は次の記載項目を含む。

```
on entry
+0 LR r0,r15        *この記述子アドレスをr0に保管
+2 L  r15,16(r15)   *@GETFNのアドレスを下記からロード
+6 BR r15           *@GETFNを呼び出す
+8 Addr(function)   *関数のアドレス
+12    Addr(Data area)      *対応データ領域のアドレス
+16    V(@GETFN)            *ＲＴＬルーチン
```

【００４０】関数記述子はその最初に実行可能命令を含む。これは実行目的の関数のアドレスの代わりに、関数記述子のアドレスを旧非ＤＬＬオブジェクト・コードに使用させるためである。関数記述子の最初の命令を実行すると、記述子のアドレスがｒ０に保管され、ＲＴＬサービス@GETFNが呼ばれる。@GETFNは、そのアドレスが記述子内においてオフセット８の関数を呼び出す。

【００４１】図２は、アプリケーションＡＰＰのデータ

領域内の記述子の使用による、間接アドレス指定を示す。アプリケーションＡＰＰのコードは、その自身のデータ領域内の記述子を参照する。

【００４２】図３に示されるように、本発明は旧非ＤＬＬオブジェクト・コードと互換である。非ＤＬＬオブジェクト・コード内のコード領域内の関数のアドレスは、実行または比較のためにＤＬＬオブジェクト・コードに渡されなくてよい。なぜなら、本発明によればＤＬＬコードはそれを記述子として扱うからである。記述子のアドレスは、実行目的のためにのみ、関数アドレスとして非ＤＬＬコードに渡されうる。本発明はこの実行目的のために、各関数記述子の最初に"グルー・コード（glue code）"を含む。

【００４３】図３は、関数"sortthem2"内の非ＤＬＬコードを示し、これは"comp"と命名される関数のアドレスを非ＤＬＬルーチン"qsort"に渡す。関数"sortthem1"内のＤＬＬコードが同一のルーチン"qsort"を呼び出すが、これは"comp"に対応する関数記述子のアドレスを渡す。"qsort"内の非ＤＬＬコードが記述子内のデータを実行可能コードとして解釈し、それを実行する。関数記述子の最初の"グルー・コード"がこれを成功裡に発生させる。グルー・コードは小さく高速である。

【００４４】Ｓ／３７０　ＤＬＬオブジェクト・デックでは、現コンパイル単位内で定義されない変数を参照するためにＤＬＬオブジェクト・コード・シーケンスが常にコンパイラにより生成され、こうした変数がインポートされうる。このコードにより、インポート変数が非インポート変数と同様に参照される。

【００４５】コンパイラは、この変数がＤＬＬからインポートされうることを示す参照を発行する。インポート変数の参照は追加の間接方法を通じて解決される。アプリケーションによるＤＬＬ変数の参照は、変数記述子内のアプリケーションのデータ領域に記憶されるアドレスを介する間接参照として生成される。参照の生成コード・シーケンスはインポート変数の最初の参照に対するＤＬＬローダの実行を含む。

【００４６】例えば、次のようなコード・フラグメントが提供される。

```
.
.
.
extern char * var1;
.
.
.
var1 = 7;
```

【００４７】インポートされうる変数に対して、コンパイラはあたかも以下のようにコード化されたかのように追加レベルの間接方法によりコードを生成する。

```
static char * base_mydata;  /*自身のデータ領域の基底アドレス*/
static char * off_var1;     /*基底から変数１データへのオフセット*/
static char * addr_var1;    /*変数１データのアドレス*/
static char * off_fixup;    /*プレリンカにより取り決められるオフセット*/
static char * addr_var1_descriptor;  /*アドレス変数記述子*/
if(off_fixup >; 0){          /*取り決めの高位ビットがオンでないならば自*/
off_var1 = off_fixup;       /*身のデータ内の変数１へのオフセットを使用*/
}
else{                       /*取り決めの高位ビットがオンならば、オフセ*/
addr_var1_descriptor =      /*ットは自身のデータ領域内の記述子へのオフ*/
base_mydata +               /*セットであるが、その高位ビットを無視*/
(0xEFFFFFFF &; off_fixup);
off_var1 =                  /*記述子内の値を獲得*/
*addr_var1_descriptor;
if(off_var1 == 0){           /*ＤＬＬがまだロードされていなければ、そ*/
@TRGLOR(addr_var1_descriptor);   /*れをロード*/
off_var1 =                  /*記述子内の値を取り決めるために、それを*/
  *addr_var1_descriptor;    /*獲得*/
}
}
/*インポートされるか否かにかかわらず、off_var1を割当て*/
addr_var1 = base_mydata + off_var1;
.
.
.
```

```
*addr_var1 = 7;
```

【００４８】暗黙的ロード時ＤＬＬまたは暗黙的ロード・オン・ユースＤＬＬにおいて、コンパイラは、取り決められたオフセットがアプリケーション内で定義される変数に対するものか、またはＤＬＬからインポートされる変数記述子に対するものかを実行時にテストするコードを生成する。例えば、取り決められたオフセットの高位ビットがテストされる。オフセットが変数記述子に対するオフセットの場合、コンパイラにより生成されるコードは、変数定義を有するＤＬＬがロードされて変数アドレスが既に解決されたか否かをテストする。このテストは（アプリケーション自身のデータ領域内の）変数記述子を調査することにより実行される。まだ解決されていなければ、変数記述子のアドレスによりＲＴＬサービスを呼び出す。

【００４９】ＲＴＬサービスは、インポート変数の定義を含むＤＬＬをロードする。ＲＴＬサービスは、次に変数のアドレスを変数記述子に記憶する。変数記述子は最小限、ＲＴＬが変数のアドレスを配置するロケーションを含む。

【００５０】次にオブジェクト・コードが変数記述子からアドレスを獲得し、進行する。

【００５１】変数の取り決められたオフセットがインポートされない場合には、コンパイラは自身のデータ領域内に存在する変数のアドレスを獲得する。これら全てはソース・コード・レベルでは見ることができない。

【００５２】Ｓ／３７０において変数記述子を使用するために生成されるオブジェクト・コードは、次のようである。

```
LOADQCON   ICM  r15,QCON(Rc)   /*プレリンカにより取り決められるオフセ*/
                               /*ットをロード*/
           BM   DLLREF         /*高位ビットがオフならば、通過*/
ADDBASE    LR   Rx,r15         /*オフセットを所望のレジスタにコピー*/
...                            /*データ領域の基底アドレスを加算*/
...                             /*アドレスを使用*/
DLLREF     MVC  BSAVE(2,r13),INST_OFF(Rc)  /*復帰アドレスを保管*/
           B    DLLREFS        /*分岐命令x'477XOXXX'をコピー*/
DLLREFS    LA   r15,0(r15)     /*オフセットの高位ビットをクリア*/
           A    r15,DATAADDR(r13) /*データ領域の基底アドレスを加算*/
           ST   r15,REGSAVE+4(r13) /*記述子アドレスを保管*/
LOADADDR   ICM  r15,0(r15)     /*記述子から変数アドレスを獲得*/
           EX   r0,BSAVE(r13) /*非ゼロ（すなわち既に解決済み）ならば*/
                              /*ADDBASEに分岐*/
                /*変数アドレスを解決するためにＤＬＬをロード*/
DLLLOAD    L    r15,V(@TRGLOR)   /*ＤＬＬロード関数のアドレスをロード*/
           ST   r14,REGSAVE(r13)  /*ＤＬＬロード以前に、r14を保管*/
           ST   r0,REGSAVE+8(r13) /*ＤＬＬロード以前に、r0を保管*/
           L    r0,REGSAVE+4(r13) /*記述子アドレスをロード*/
           BALR  r14,r15       /*ＤＬＬロード関数を呼び出す*/
           DC   =F'PARMSIZE'   /*パラメータ・サイズを８バイトに割当て*/
           LM   r14,r0,REGSAVE(r13)  /*レジスタを復元*/
           B    LOADADDR        /*LOADADDRに分岐*/
/*命令の増加を低減するために、DLLREFS、LOADADDR、DLLLOADは複数ＤＬＬ*/
/*変数参照により共有されるが、各変数参照に対して１つのDLLREFセクション*/
/*が存在する*/
```

【００５３】ＤＬＬの要件の１つは、ＤＬＬ内に含まれる記号が他のモジュールにより要求されるときにそれらがエクスポートされなければならないことである。コンパイラは、記号がオブジェクト・モジュール内の対応する定義名レコード内にエクスポートされる事実を符号化する。ＭＶＳでは、これはEXPORTALLコンパイル・オプションを指定することにより達成される。このオプションはコンパイラに対して、ＤＬＬ内の全ての外部定義関数及び変数をそのＤＬＬを使用するモジュールにエクスポートするように命令する。EXPORTALLコンパイル・オプションを用いることにより、ＤＬＬを呼び出す最初のモジュールだけではなくＤＬＬ内の全ての外部変数及び関数が、そのＤＬＬを使用する全てのモジュールにとって使用可能になる。

【００５４】代わりにＭＶＳでは、指定外部変数及び関数だけをＤＬＬからエクスポートするために、#pragma宣言が使用される。これを次のソース・コード例により示す。

```
#pragma export(math_func1)
#pragma export(math_func2)
int math_func1(){
:
:
}
int math_func2(){
:
:
}
int kpItHdn(){
:
:
}
:
:
#pragma export(math_var1)
#pragma export(math_var2)
int math_var1;
int math_var2;
int kpItHdnVar;
```

【００５５】上述例では、関数"math_func1()"及び"math_func2()"、並びに変数"math_var1"及び"math_var2"がエクスポートされ、それによりこれらがＤＬＬを使用する全てのモジュールにとって使用可能になる。関数"kpItHdn()"並びに変数"kpItHdnVar"はエクスポートされず、ユーザ・モジュールにとって直接的には使用可能ではない。

【００５６】プレリンカ入力はコンパイラにより生成される多くのオブジェクト・デックを含む。プレリンカ出力はプレリンクされたオブジェクト・デックを含む。

【００５７】プレリンカは、データ領域内のデータ項目をマップする。これはデータ項目にその領域内のオフセットを割当て、出力プレリンク・オブジェクト・モジュール内で、それらをオフセットにより参照するように取り決めることにより、達成される。

【００５８】プレリンカはまた、ＲＴＬにより使用されるデータ領域内の項目に関し、コンパイラにより生成された初期化情報を収集する。

【００５９】コード領域内の記号に対する全てのアドレス取り決めが、単にシステム・リンカ／ローダに管理のために渡される。

【００６０】プレリンカは、データ領域内の全ての変数及び関数の初期化を定義する情報を生成する。変数のアドレスがまだ知れていないことを示すように、変数記述子が初期化される。インポート関数の関数記述子は、ＤＬＬのロードをトリガするＲＴルーチンのアドレスを含むように初期化され、非インポート関数の関数記述子は、同一ロード・モジュール内の関数のアドレスを含むように初期化される。

【００６１】変数がインポートされない場合、プレリンカはデータ領域内の変数オフセットによりその参照を取り決める。変数がインポートされる場合には、プレリンカはその参照を、プログラムのデータ領域内のその記述子のオフセットにより取り決め、これが記述子であることを示す（高位ビットがオン）。

【００６２】プレリンクの間、全てのエクスポート関数のリスト及び全てのエクスポート変数のリストが収集される。これらのリストを定義するオブジェクト・コードがプレリンカにより生成され、出力プレリンク・オブジェクト・デック内にエクスポート定義セクションとして発行される。これらのリストは最終的に、プログラムに関連付けられるロード・モジュールのコード領域内に配置される。ＲＴＬはコード領域内のこれらのリストを読み出し、このプログラムによりエクスポートされる関数及び変数の名前、並びにそれらのアドレスを獲得する。

【００６３】記号をどこからインポートするかに関する情報が、プレリンク時にプレリンカに提供されなければならない。しかしながらフォーマットはサイドファイル内にある必要はない。図１に示される例では、これはサイドファイルMATH.objdef及びTRIG.objdefを用いて達成される。図示の例では、ＤＬＬ定義サイドファイル（宣言ファイル）がＤＬＬプロバイダにより提供され、アプリケーションのプレリンク時に使用される。サイドファイルは、アプリケーションによりインポートされうるＤＬＬ内の全ての関数及び変数を記述するIMPORT宣言を含む。

【００６４】ソース・コード・ファイルAPP.cは他のファイル同様にコンパイルされる。しかしながら、オブジェクト・デックApp.objがプレリンクされるとき、サイドファイルMATH.objdef及びTRIG.objdefは、インポート記号の獲得場所に関する追加の情報を提供する。

【００６５】このＤＬＬ定義サイドファイルは、ＤＬＬ内で定義される関数及び変数の参照を解決する方法をプレリンカに伝える宣言を含む。複数のＤＬＬが参照される場合には、複数のＤＬＬ定義サイドファイルが提供される。

【００６６】アプリケーションがＤＬＬをアクセスすることを可能にするサイドファイルの使用について述べてきたが、当業者には容易に明らかなように、これを達成するためには他の方法も存在しうる。例えば、プレリンカがＤＬＬのコード領域から情報を直接読み出してもよい。

【００６７】アプリケーション・ソース・ファイルのコンパイル・オペレーションにより生成されるオブジェクト・ファイルは、図１にAPP.objとして示されるように、ＤＬＬにより供給されるＤＬＬ定義サイドファイルをアクセスできなければならない。これを達成するために、ＤＬＬプロバイダはＤＬＬ定義サイドファイルに、プレリンク時にリンクするためのオブジェクト・デック

のセットを供給する。

【００６８】ＤＬＬからエクスポートされた各関数または変数（コンパイラにより生成されるオブジェクト・デック内に示される）に対して、プレリンカは"IMPORT"プレリンカ宣言、すなわち、

IMPORT CODE <;dll_name>; <;identifier>;

または

IMPORT DATA <;dll_name>; <;identifier>;

を生成する。

【００６９】このIMPORTサイドファイルはＤＬＬプレリンクの間に生成され、ＤＬＬから記号をインポートする別のプログラムのプレリンクにおいて使用される。インポートするプログラムにとって、この宣言は記号をエクスポートするロード・モジュールの名前を提供する。

【００７０】定義サイドファイルは、ＤＬＬのプレリンクの間にＤＬＬコード自身の通常のオブジェクト・デックに加えて自動的に生成される。例えば、上記ソース・ファイル内のＤＬＬに対して、プレリンカは次のＤＬＬ定義サイドファイルを生成する。

IMPORT CODE MATH math_func1

IMPORT CODE MATH math_func2

IMPORT DATA MATH math_var1

IMPORT DATA MATH math_var2

【００７１】ＤＬＬプロバイダは、どの関数及び変数がインポートされるかを制御するＤＬＬ定義サイドファイルを編集することができる。例えば、上述例では、ＤＬＬプロバイダが"math_func2()"を露呈したくない場合、プロバイダはレコード"IMPORT CODE MATH math_func2"を定義サイドファイルから除去する。

【００７２】アプリケーションのプレリンクの間、プレリンカは全てのインポート関数及び変数のリスト、並びにそれらがインポートされる対応するロード・モジュールを収集する。プレリンカはこれらのリストを定義するオブジェクト・コードを発行する。各リストは、関数または変数、記号名、アプリケーションのデータ領域内の記述子のオフセット、並びに記号がインポートされるＤＬＬの名前を記述する情報を含む。

【００７３】このリストは、アドレス取り決めを必要とする記述子を突き止めるために、ＤＬＬがロードされた後にＲＴＬにより使用される。

【００７４】本発明を実現するために、各ＤＬＬが特定の定義特性を有するように生成されなければならない。本発明ではこれらの特性をＭＶＳオペレーティング・システムにおいて要求される形式で記述するが、他のオペレーティング・システム上における本発明の実現についても当業者には明らかであろう。

【００７５】ロード時に、プログラムのコード領域及びデータ領域が生成される。ＲＴＬがシステム・ローダを用いてアプリケーションをロードし、コード領域内に静的に結合される記号のアドレスを解決する。アプリケーションがロードされるとき、ＲＴＬがプレリンカにより収集及び生成されたコード領域内の情報を突き止め、それらを読み出し、そのプログラムに対応するデータ領域を割当て、初期化する。

【００７６】この初期化データ領域の基底アドレスが、パラメータとしてアプリケーションに渡される。コンパイラにより生成されるコードが、この基底を用いて、アプリケーションのデータ領域内のオブジェクトのアドレスを計算する。

【００７７】１度ロードされると、ＲＴＬは動的リンクを提供するために記述子内のアドレスを取り決める責任を負う。ＲＴＬは、ロードされたＤＬＬのデータ領域内に存在するプレリンカにより生成された情報を通じ、エクスポート記号名及びアドレスを見い出す。

【００７８】暗黙的ロード時ＤＬＬでは、ＤＬＬがロードされ、任意のユーザ・コードが実行される以前に、あらゆる対応する記述子がＲＴＬにより取り決められる。これは"Ｃ"言語では、ファイル有効範囲内の次のような初期化子として発生する。

int * ip = &;i; /*記号'i'のアドレスを'ip'に記憶*/

ここで'i'はインポートされる。'ip'は任意のユーザ・コードが実行される以前に'i'のアドレスを含まねばならない。これは'i'を定義するＤＬＬが、暗黙的ロード時ＤＬＬでなければならないことを意味する。

【００７９】暗黙的ロード・オン・ユースＤＬＬは、ユーザ・コードの実行の間にロードされるＤＬＬである。隠れＲＴＬサービスが関数呼び出しによりトリガされる。ＲＴＬサービスは、記述子内に示されるＤＬＬをロードし、制御をユーザ・コードに戻す以前に、あらゆる必要な記述子を取り決める。

【００８０】ロード・オン・ユースＤＬＬ（最も要求的）は、標準のリンカ／ローダにより提供されない以下の４つの事項を要求する。

１．要求時におけるＤＬＬモジュールの自動的／暗黙的ロード。

２．ＤＬＬのロード時における、アプリケーション内の変数／関数参照とＤＬＬ内の対応定義との接続。

３．別々のモジュール間での呼び出しに渡るデータ領域のスワップ（アプリケーションからＤＬＬへ、またはＤＬＬからＤＬＬへ）。

４．ソースまたはモジュール準備（コンパイル、プレリンク、リンク）における、アプリケーション作成者またはＤＬＬプロバイダからの最小の介入による上述の高速な実現。

【００８１】本明細書で述べられる基本暗黙的ロード・オン・ユース機構は、これらの必要な事項を提供する。この機構には次の３つの主要要素が存在する。

【００８２】１．（所与のアプリケーションにおける）変数及び関数記述子。所与のアプリケーションから参照され、特定のＤＬＬまたはアプリケーション内で定義さ

れる各外部変数／関数に対して１つのこうした記述子が存在する。各記述子は、アプリケーションのデータ領域内の制御情報ブロックでもって、所与の変数または関数に関する２つの事項を記述する。

ａ．変数／関数がアプリケーション内で定義されていないときの、特定の変数／関数を所有するＤＬＬのロード方法。

ｂ．アプリケーションまたはＤＬＬ記憶内の特定の変数または関数のアドレス。そして関数の場合には、記述子は更に次の事項を記録する。

ｃ．（ＤＬＬがロードされたときの）ＤＬＬのデータ領域のアドレス。

【００８３】２．インポート変数を参照するコンパイラ生成ＤＬＬコード・シーケンス。コンパイラはインポート変数を参照するＤＬＬコード・シーケンスを発行する。このシーケンスは最初に（変数がアプリケーション内に存在せず、ＤＬＬ内に存在する場合）ＤＬＬがロードされることを保証し、ＤＬＬがロードされていなければＤＬＬのロードをトリガする。次に、アプリケーションのデータ領域内の対応する変数記述子を介して間接的に所望の変数をアクセスする。

【００８４】３．インポート関数の呼び出し。コンパイラは、関数がアプリケーション内の別のコンパイル単位内で定義されるか、または真にＤＬＬからインポートされるかを知らず、両方において同一コードを生成する。呼び出される関数は関数記述子内に示される。任意のインポート関数に対して関数記述子は最初にＲＴＬトリガ関数を示す。呼び出されると、トリガ関数はＤＬＬ（コード領域及びデータ領域の両方）をロードし、呼び出側の関数記述子内に関数アドレス及びデータ領域のアドレスを取り決める。それにより、続く呼び出しにおいては、最初に意図された関数が直接呼び出されることになる。ＤＬＬをロードし、関数記述子を変更した後、トリガ関数は最初に意図された関数を呼び出す。

【００８５】これらの暗黙的ロード時並びにロード・オン・ユースＤＬＬの主要特性は、それらの使用がアプリケーション・コードにとって実質的に透過的であることである。アプリケーションは単に、ＤＬＬ関数の呼び出しを名前によりコード化するか、またはＤＬＬ変数の明示的な参照を名前によりコード化する。ＤＬＬの含意は、アプリケーション・ソース・コードのソース・レベル・ビュー（view）から多分に隠される。

【００８６】参照とＤＬＬからエクスポートされる定義との間の実際の接続は、ＤＬＬのロード時に形成される。ＤＬＬは、任意のユーザ・コードが実行される以前、または実行時におけるユーザ・コードの実行の間にロードされうる。

【００８７】本発明はロード時に関連して述べられ、これはＩＢＭから提供されるＭＶＳオペレーティング・システム上では、暗黙的ロード・オン・ユース・コマンド、または実行時ＤＬＬとして知られる。説明を容易にするため、無限定の用語"ＤＬＬ"は一般に、暗黙的ロード時ＤＬＬまたは暗黙的ロード・オン・ユースＤＬＬを意味するものとする。明示的実行時ＤＬＬの実現は、多分に暗黙的ロード時ＤＬＬの実現の拡張である。特に暗黙的ロード・オン・ユースＤＬＬまたは明示的実行時ＤＬＬについて述べるときには、適宜参照を明示的に限定するか、文脈によりこれらを識別することにする。

【００８８】明示的実行時ＤＬＬの１つの主要特性は、それらの使用がソース・レベルのアプリケーション・コードにより明示的に制御されることである。アプリケーションとＤＬＬ関数との間の接続は、１つ以上の実行時サービスの明示的なソース・レベル呼び出しを介して形成される。

【００８９】明示的実行時ＤＬＬでは、プレリンカにより生成されるインポート及びエクスポート記号のリストがＲＴＬにより使用され、要求関数または変数が見い出され、問合せアプリケーションに返却するための関数アドレスまたは変数アドレスが形成される。

【００９０】暗黙的ロード時ＤＬＬ及びロード・オン・ユースＤＬＬでは、これらのエクスポート記号リストがＤＬＬのロード時にＲＴＬにより使用され、インポートするアプリケーションのデータ領域内のインポート変数記述子または関数記述子が初期化される。

【００９１】実行時の実現は、比較的小さく良好に統合された拡張として、この基本暗黙的ロード・オン・ユース機構に追加される。

【００９２】次に明示的実行時ＤＬＬサービスについて述べることにする。

【００９３】明示的実行時サービスに関する本発明の使用例を次に示す。明示的実行時ＤＬＬを使用するためにソース・コード作成者は明示的に実行時サービスを呼び出す。実行時サービスの呼び出しを除けば、ＤＬＬモジュールへのリンクを要求するアプリケーション・モジュールと、アプリケーション・モジュールにリンクされるＤＬＬとの間には、暗黙的または自動的接続は存在しない。例えば、アプリケーション作成者はソース・コード内に次の幾つかの呼び出しを含むことができる。

```
dllload():ＤＬＬのハンドルを獲得
        #include <dll.h>
        dllhandle *dllload(char *dllname);
```

【００９４】の関数は明示的実行時サービス要求に際し、ＤＬＬが以前にロードされていなければこれをメモリにロードし、呼び出したプログラムにそのＤＬＬのハンドルを返却することにより、ＤＬＬをアプリケーションに接続する。このハンドルは、続く実行時ＤＬＬ要求に際し、要求ＤＬＬを一意的に識別する。

【００９５】

dllqueryfn()：ＤＬＬ関数のアドレスを獲得

```
#include <;dll.h>;
void(*dllqueryfn(dllhandle * dh, char * funcName)) ();
```

【００９６】この関数は、以前のdllload()要求から返却されたＤＬＬハンドル、及びそのＤＬＬ内のエクスポート関数の名前を受諾し、要求ＤＬＬ関数を呼び出す実行可能スタブのアドレスを返却する。このスタブは実際の要求関数またはＤＬＬの一部であってもなくてもよく、どちらにも想定されない。返却アドレスだけが実行可能であり、最終的に要求関数を呼び出すことが保証される。dllqueryfn()の呼び出しが失敗すると、NULLアドレスが返却される。

【００９７】

dllqueryvar()：ＤＬＬ変数のアドレスを獲得

```
#include <;dll.h>;
void* dllqueryvar(dllhandle * dh, char *varName);
```

【００９８】この関数は、以前のdllload()要求から返却されたＤＬＬハンドル、及びそのＤＬＬの特定のエクスポート変数の識別子を受諾し、指定ＤＬＬの記憶内の要求変数のアドレスを返却する。dllqueryvar()の呼び出しが失敗すると、NULLアドレスが返却される。

【００９９】アプリケーション作成者は、アプリケーション準備（すなわちコンパイルまたはプレリンク）の間にＤＬＬ定義サイドファイルを含む必要がない。しかしながら、アプリケーション作成者はＤＬＬ内の所望のエクスポート変数及び関数の名前の知識を有さねばならない。これは特定のＤＬＬプロバイダにより決定されるヘッダまたは他の手段（例えばプロダクト文書化）を介して獲得されうる。

【０１００】アプリケーションはdllqueryvar()に掛けられる変数を、間接的に返却変数アドレス上でアクセスできる。また、返却関数アドレスを呼び出すことにより、dllqueryfn()に掛けられる関数を呼び出すことができる。

【０１０１】

dllfree()：ＤＬＬのハンドルを解放

```
#include (dll.h)
int dllfree(dllhandle * dh);
```

【０１０２】この関数は提供されたＤＬＬハンドルを解放し、ＤＬＬをメモリから適宜であれば（すなわち、これがＤＬＬをアクセスする最後のハンドルであれば）消去する。アプリケーションにより使用されるハンドルがdllfree()により解放された後に、dllqueryvar()に掛けられる変数またはdllqueryfn()に掛けられる関数が参照される場合、振舞いは定義されない。

【０１０３】ＤＬＬへの実行時アクセスの場合の違いは、使用アプリケーションに完全に限定される。アプリケーションによるインポート関数及び変数の暗黙的参照が、ＲＴＬサービスの明示的呼び出しdllload()、dllqueryfn()（またはdllqueryvar()）により置換され、その後、dllqueryvar()またはdllqueryfn()呼び出しからの返却アドレスを通じ、これらのインポート関数及び変数が間接的に参照される。一方、ＤＬＬプロバイダは上述のロード時の場合と全く同様にＤＬＬを準備する。

【０１０４】ＤＬＬはエンクレーブ（enclave）・レベルで共有される。エンクレーブはルーチンの独立な集まりである。ルーチンの１つがメインとして指定される。エンクレーブは概略プログラムと類似である。これらのルーチンはアプリケーション内に存在したり、幾つかはアプリケーションがロードするＤＬＬ内に存在しうる。

【０１０５】参照されるＤＬＬは１エンクレーブにつき正に１度ロードされ、１エンクレーブ当たりの１ＤＬＬにつき、エクスポート変数の正に１コピーが生成／保持される。従って、ＤＬＬの単一のコピーは、所与のエンクレーブ内のモジュールを用いる全てにサービスする。これは所与のエンクレーブ内でロード時及び実行時にアクセスされるＤＬＬにも当てはまる。特に、所与のエンクレーブ内の所与のＤＬＬを、実行時ＤＬＬ及びロード時ＤＬＬとして（必要に応じて、複数の実行時ハンドルを介することにより）同時にアクセスすることが可能である。所与のエンクレーブ内の所与のＤＬＬ内の所与の変数への全てのアクセスが、その変数の１コピーだけを参照する。同様に、所与のエンクレーブ内の所与のＤＬＬ内の所与の関数への全てのアクセスが、その関数の１コピーだけを参照する。

【０１０６】１エンクレーブにつきＤＬＬの１コピーだけが保持されるが、論理的なロードの回数はカウントされる。所与のエンクレーブ内の所与のＤＬＬに対して、ＤＬＬが暗黙的ロード・オン・ユースと指定される場合、１論理ロードがカウントされて、任意の参照がそのＤＬＬに対して実施され、またそのＤＬＬに対して発行されるあらゆるdllload()に対して１論理ロードがカウントされる。

【０１０７】ＤＬＬの実際の消去（その変数を含む）は、その論理ロード・カウントが０に達するとき発生する。

【０１０８】ＤＬＬは明示的実行時dllfree()要求により、またはエンクレーブ終了時にロード済みロード時ＤＬＬに対して発生する暗黙的解放により論理的に解放される。dllfree()は明示的実行時ＤＬＬにとって任意選択的である。エンクレーブ終了時に残るあらゆる（ロード時または実行時）ＤＬＬ（すなわち、これらはロード時にアクセスされたために、または実行時にアクセスされたが十分なdllfree()が発行されなかったために、非

ゼロの使用カウントを有する）が、自動的に消去される（その変数を含む）。終了時におけるこの暗黙的解放は、ロード時ＤＬＬが解放されうる唯一の方法である。しかしながら、明示的実行時ＤＬＬは、明示的dllfree()により終了以前に解放されうる。それに対して実行時dllfree()要求を発行することにより、ＤＬＬのロード時コピーを（故意的または不注意に）解放することは不可能である。

【０１０９】ＲＴＬはロードされたＤＬＬのリストを保持するので、必要に応じてそれらをロードし、また明示的呼び出しまたはアプリケーションの処分に際し、それらを解放することが可能である。

【０１１０】アプリケーションの終了に際し、ＲＴＬはあらゆる残りのＤＬＬを消去する。

【０１１１】次に２つのエクスポートＤＬＬ及び１つのインポート・アプリケーションを構成する例について示すことにする。

【０１１２】図１において、アプリケーション・ソース・ファイルAPP.cが、ソース・ファイルMATH.c及びTRIG.cとして示される２つのＤＬＬから関数及び変数を参照する。

【０１１３】ソース・ファイルMATH.cは、オブジェクト・デックMATH.objを生成するようにコンパイルされる。本発明を実現するために、オブジェクト・デックMATH.objがプレリンカによりプレリンクされる。

【０１１４】オブジェクト・デックMATH.objのプレリンクにより、オブジェクト・デックMATH.pobj及びＤＬＬ定義サイドファイルMATH.objdefが生成される。MATH.pobjはシステム・リンカによりリンクされ、実行可能ロード・モジュールMATH.loadを形成する。

【０１１５】ソース・ファイルTRIG.cも同様にコンパイルされ、プレリンクされて、オブジェクト・デックTRIG.pobj及びＤＬＬ定義サイドファイルTRIG.objdefを提供する。TRIG.pobjもまた、システム・リンカによりリンクされ、実行可能ロード・モジュールTRIG.loadを形成する。

【０１１６】ソース・ファイルAPP.cも同様にコンパイル及びプレリンクされて、オブジェクト・デックAPP.pobjを提供するが、ＤＬＬ定義サイドファイルは生成されない。なぜならアプリケーションにより記号がエクスポートされないからである。ＤＬＬ MATH及びTRIGに対応する２つのＤＬＬ定義サイドファイルがAPPのプレリンクに含まれ、記号のインポート先に関する情報を提供する。

【０１１７】上述の例では、各ＤＬＬが単一のコンパイル単位から構成されるように示される。しかしながら、ＤＬＬは複数のコンパイル単位から構成されてもよい。こうした状況では、各コンパイル単位が別々にコンパイルされる。しかしながら、単一のプレリンクだけが各ＤＬＬに対して要求される。また図１に示される例では、アプリケーションAPPがそれ自体ＤＬＬではなく、MATH及びTRIGモジュールが他のＤＬＬを使用しない。

【０１１８】アプリケーションがＤＬＬを使用できるようにするため、アプリケーション作成者はアプリケーションに、ＤＬＬをアクセスするための適切な命令を提供しなければならない。本明細書では、再度、本発明がＭＶＳオペレーティング・システムに適用されたときについて述べるが、当業者には、本発明が複数のソース・ファイルのリンクを可能にする他のシステムにおいて実現される方法についても、容易に明らかであろう。

【０１１９】図２はアプリケーションAPPとＤＬＬ MATH間の接続を示す。図２に示されるように、アプリケーションAPPは、システム・ローダがロードした書き込み保護される実行可能命令を有するコード領域を有する。ＤＬＬ MATHも類似のコード領域及びデータ領域を有する。本発明では、ＲＴＬが従来システムの場合のように単にロード時だけではなく、プログラムの実行時にもデータ領域内の値を変更する。

【０１２０】インポート記号の記述子は、ＤＬＬ MATHがアプリケーションAPPの実行中にロードされた後にＲＴＬにより取り決められるアドレスを有する。MATHから記号をインポートする各プログラムは、その自身のデータ領域内に自身の記述子を有する。２つのプログラムが同一の記号をMATHからインポートする場合、それらのプログラムの各々は自身の記述子を有するが、MATH内のその記号に対する記述子内のアドレスは同一である。

【０１２１】また当業者には、本発明が他のＤＬＬを使用するＤＬＬをサポートすることも明らかであろう。

【０１２２】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【０１２３】（１）動的にリンクされるライブラリをデータ処理オペレーティング・システム上で実行されるプログラムにリンクする改良された方法であって、前記データ処理オペレーティング・システムがコンパイラ、プレリンカ、実行時ライブラリ、システム・リンカ及びシステム・ローダを有するものにおいて、各動的リンク・ライブラリに対応して、前記プレリンカにより、前記ライブラリ内で使用可能な外部記号のセットに関する情報を含む定義ファイルを生成するステップであって、前記プレリンカが前記定義ファイルを前記動的リンク・ライブラリ内の任意の変更を反映して最新に維持する、前記生成ステップと、前記コンパイラによりアプリケーション・プログラム・コードをコンパイルするステップであって、前記コンパイル・コードがトリガ・ルーチンを呼び出すコードを含む、前記コンパイル・ステップと、前記アプリケーション・プログラム・コードを前記定義ファイルにプレリンクするステップであって、エクスポート定義セクションを含み、前記システム・リンカによりリンクされるオブジェクト・デックを生成する、前記プレリンク・ステップと、前記システム・リンカにより、

前記アプリケーション・プログラム・コードをリンクするステップと、前記コードを実行し、前記トリガ・ルーチンにより前記コード内の未解決記号の参照を解決するステップであって、前記トリガ・ルーチンが前記プレリンカにより生成された前記エクスポート定義セクションをアクセスすることにより、前記実行時ライブラリが前記未解決記号を含む前記動的リンク・ライブラリをアクセスし、前記動的リンク・ライブラリをロードし、前記記号参照を解決することを可能にし、前記システム・リンカまたはローダの支援を必要とせずに、前記アプリケーション・プログラムに前記記号を提供する、前記実行及び解決ステップと、を含む、方法。

（2）前記外部記号が外部変数及び外部関数を含む、前記（1）の方法。

（3）前記トリガ・ルーチンが変数の参照に関するトリガ・ロードまたは関数の呼び出しに関するトリガ・ロードである、前記（1）の方法。

（4）前記定義ファイルが各特定の記号がコードかデータかを指定し、前記記号を定義する前記動的リンク・ライブラリを指定する、前記（1）、（2）または（3）の方法。

（5）前記エクスポート定義セクションが前記定義ファイルからの情報を含む、前記（1）、（2）または（3）の方法。

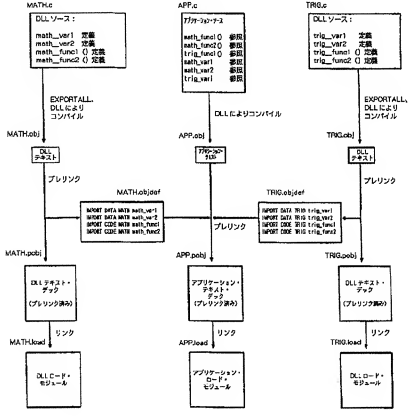
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の教示により、２つのＤＬＬモジュール及び関連アプリケーション・モジュールが生成される様子を示す図である。

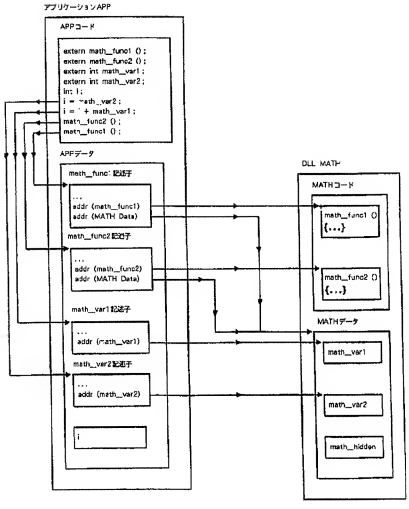
【図2】本発明の使用時における関数及び変数のインポータとエクスポータ間の関係を示す図である。

【図3】本発明が以前に作成されたコードの再コンパイルを必要とせずに、旧コードの使用を可能にする様子を示す図である。

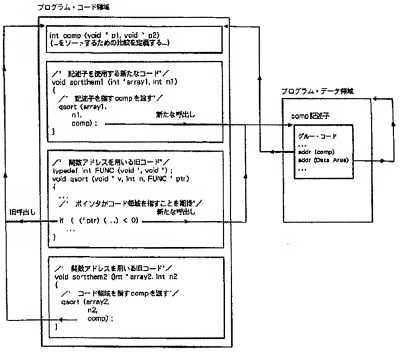
【図１】



【図２】


アプリケーションAPP
APPコード
extern math_func1 ();
extern math_func2 ();
extern int math_var1;
extern int math_var2;
int i;
i = *ath_var2;
i = + math_var1;
math_func2 ();
math_func1 ();
APPデータ
math_func1 記述子
...
addr (math_func1)
addr (MATH Data)
math_func2記述子
...
addr (math_func2)
addr (MATH Data)
math_var1記述子
...
addr (*ath_var1)
math_var2記述子
...
addr (math_var2)
i
DLL MATH
MATHコード
math_func1 ()
{...}
math_func2 ()
{...}
MATHデータ
math_var1
math_var2
math_hidden

【図３】



フロントページの続き

(72)発明者　マイク・ステファン・フルトン
カナダ、オンタリオ州ドン・ミルズ、ユニット87、バレイウッズ・ロード　43

(72)発明者　ブライアン・ジェームズ・ミンチャウ
カナダ、オンタリオ州ノース・ヨーク、ワゴン・トレイルウェイ　11